Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 779-790

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۷۹۰-۷۷۹

مقاله پژوهشی

مقایسه روش‌های کشت مستقیم و نشائی برنج تحت روش‌های مختلف آبیاری

علیرضا کیانی[1*]- محمدرضا یزدانی[2]- محمدتقی فیض بخش[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶

چکیده

چهار روش آبیاری (غرقاب دائم، تناوبی، بارانی، تیپ) و سه روش کشت (مستقیم بذر و مستقیم نشاء بر بستر غیرپادل یا بدون گلخرابی و نشائی سنتی) از نظر عملکرد، مصرف آب و بهره‌وری آب برنج در قالب طرح کرت‌های نواری بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در گرگان بررسی شدند. مقایسه عملکردهای برنج نشان داد که بالاترین عملکرد (۸۲۰۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت نشائی سنتی با روش آبیاری غرقابی بود و در بقیه روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری بین عملکردها مشاهده نشد. در کشت نشائی، با تغییر آبیاری سنتی به آبیاری بارانی، متناوب و آبیاری قطره‌ای به ترتیب عملکرد در حدود ۱۴، ۹ و ۱۱ درصد کاهش داشت. بالاترین مصرف آب مربوط به روش آبیاری غرقابی در کشت مستقیم بذر (۱۲۴۹۰ متر مکعب در هکتار) و کشت نشائی (۱۱۹۶۷ متر مکعب در هکتار) بود. با تغییر شیوه آبیاری از غرقاب به قطره‌ای در کشت سنتی نشاء در زمین پادل شده، اگرچه عملکرد در حدود ۱۱ درصد کاهش یافت ولی در مقابل مصرف آب در حدود ۳۹ درصد کاهش و در نتیجه بهره–وری آب در حدود ۲۲ درصد افزایش داشت. با تبدیل کشت سنتی نشاء و روش آبیاری غرقابی به کشت مستقیم نشاء و روش آبیاری قطره‌ای عملکرد در حدود ۲۴ درصد و مقدار آب در حدود ۴۵ درصد کاهش یافت و بهره‌وری آب در این حالت به ۰/۹ کیلوگرم در متر مکعب رسید که در شرایط حاضر به عنوان بهترین گزینه برای حفظ توأم منابع آبی و تولید انتخاب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سنتی، آبیاری متناوب، آبیاری نوین، برنج، گرگان

مقدمه

رشد روز افزون کشت برنج در استان گلستان به‌دلیل توجیه اقتصادی کوتاه مدت آن برای بهره‌برداران، یکی از مشکلات اساسی بخش کشاورزی استان طی سال‌های اخیر است. درآمد نسبتاً مناسب این محصول نسبت به گیاهان دیگر از یک طرف و مالکیت خصوصی منابع آب‌های زیرزمینی از طرف دیگر عوامل اصلی ترغیب کشاورزان به کشت این گیاه پرمصرف آب می‌باشد. هم اکنون گزارش‌ها حکایت از استحصال و اختصاص سالانه بیش از ۵۰ درصد از منابع آب زیرزمینی منطقه برای کشت شالی دارد (۸). به طور کلی اطلاعات میدانی و مشاهده‌ای حکایت از این مطلب دارد که سطح زیرکشت شالی در استان روندی افزایشی دارد. در چند دهه گذشته سیاستگذاران بخش کشاورزی در صدد محدودسازی و ممنوعیت کشت برنج در کشور به‌جزء استان‌های گیلان و مازندران بودند. مبنای تحلیل کارشناسی که منجر به اتخاذ تصمیم اشاره شده بود، مصرف زیاد آب، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و ناپایداری منابع آبی در دراز مدت بود. راهبرد تدوین شده به دلیل تامین نکردن منافع کشاورزان در کوتاه‌مدت از نظر عملی در بین بهره‌برداران کارکرد موثر را نداشت زیرا درآمد حاصل از کشت برنج در استان گلستان برای کشاورزان مطلوب بود. گواه این ادعا افزایش سطح زیرکشت اراضی شالی‌کاری از سال ۱۳۷۳ تاکنون به میزان ۱۵۰۰ هکتار در هر سال بود (۸).

در روش سنتی تولید برنج مقدار قابل توجهی از آب آبیاری قبل از کشت نشاء در زمین اصلی به سبب آماده‌سازی بستر کاشت (گل خرابی) مصرف شده ضمن آن که طی دوره رشد نیز گیاه درون آب قرار داشته، که این موضوع موجب تبخیر سطحی آب و تلفات نفوذ

۱- استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تات، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Akiani71@Yahoo.com)
۲- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تات، رشت، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تات، گرگان، ایران

DOI: 10.22067/JSW.2021.69302.1036

عمقی می‌گردد. امروزه از روش کشت مستقیم برنج در بستر خشک (خشکه کاری) یا بستر مرطوب نیز جهت تولید برنج استفاده می‌شود. در این روش برنج در زمین به صورت بذر کاشته شده و دیگر نیاز به غرقاب نمودن دائمی زمین نیست. انتظار می‌رود که این روش نسبت به روش سنتی مصرف آب کمتری داشته باشد. کیانی (۷) با استفاده از اطلاعات هواشناسی سال‌های ۹۷ و ۹۸ و همچنین اطلاعات طولانی مدت بر مبنای دو ایستگاه سینوپتیک گرگان و گنبد و اطلاعات منطقه‌ای آب مورد نیاز برنج را از رابطه پنمن-مانتیث برآورد نمود. در این بررسی نیاز آبی خالص برنج در کشت تابستانه بر مبنای ایستگاه هواشناسی گرگان در سال‌های ۹۷، ۹۸ و طولانی مدت به ترتیب برای ۷۲۰، ۷۰۰ و ۶۶۰ میلی‌متر و بر مبنای ایستگاه هواشناسی گنبد برابر با ۸۰۰، ۷۸۸ و ۶۹۰ میلی‌متر و در کشت بهاره برای گرگان به ترتیب زمان‌های قبلی معادل ۶۷۰، ۶۰۰ و ۵۹۵ میلی‌متر و به همین ترتیب برای گنبد برابر ۷۷۵، ۷۰۰ و ۶۸۰ میلی‌متر برآورد شد.

دلیل گسترش کشت مستقیم برنج در کشورهای گوناگون متفاوت بیان شده که بر اساس مشکلات موجود آن‌ها در کشت مرسوم برنج بوده است. به عنوان مثال مشکلات اصلی در کشت سنتی برنج در کشورهای جنوب شرق آسیا نظیر بنگلادش، تایلند، مالزی، فیلیپین و کامبوج کاهش نیروی انسانی در فصل گل‌خرابی و کاشت سنتی برنج، افزایش دستمزد کارگران وکمبود آب، گزارش شده است (۹). به طور کلی تغییرات اقلیم، کمبود آب، کاهش دسترسی به نیروی کارگری، کاهش سطح ایستابی، افزایش جمعیت، بالا رفتن هزینه کارگری و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (۱۳) از جمله دلایلی هستند که کشاورزان را متقاعد به تمرکز بر شروع کشت مستقیم برنج به‌عنوان یک سیستم با کارآیی بهتر آب-نیروی کارگری-انرژی می‌نمایند (۱۵، ۲۰ و ۲۸). با توجه به مشکل کم‌آبی به ویژه در کشت برنج فن‌آوری صرفه‌جو در مصرف آب نظیر، آبیاری متناوب بصورت خشک و مرطوب کردن (۱۱ و ۲۷)، سیستم فشرده کشت برنج (۲۶)، کشت مستقیم برنج هوازی (۲)، به منظور جایگزینی با سیستم مرسوم (گل‌خرابی) پیشنهاد شد (۹).

ارزیابی آبیاری بارانی برنج در تعدادی از استان‌های برنج خیز کشور نظیر گیلان، خوزستان و فارس صورت گرفته است. نتایج این ارزیابی‌ها که بر روی ارقام مختلف صورت گرفته است، نشان داد که با تغییر سیستم آبیاری از غرقاب به بارانی میزان مصرف آب از ۲۰ تا ۳۴ درصد کاهش پیدا کرده ولیکن این موضوع منجر به کاهش ۳۰ درصدی عملکرد دانه شد (۵). کشت مستقیم بذر برنج در مقایسه با کشت رایج نیاز به نهاده‌های کمتری دارد و در نتیجه موجب صرفه‌جویی در آب و نیروی کار، زودرسی محصول، هزینه تولید پایین می‌شود. کشت مستقیم برنج همچنین شرایط مناسب فیزیکی خاک برای محصولات کشت بعدی و انتشار کمتر گاز متان را فراهم می‌کند. (۶).

هیبینگ و همکاران (۳) تاثیر مالچ و مدیریت‌های مختلف آبیاری روی مقدار تولید و آب مصرفی برنج را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که بیشترین عملکرد (۸۴۴۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت رایج برنج و کمترین کاهش عملکرد مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای (با استفاده از مالچ) به مقدار ۵۲ – ۳۱ درصد و بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تیمار آبیاری شیاری (بدون استفاده از مالچ) به مقدار ۷۴ الی ۷۵ درصد بود. بالاترین بهره‌وی آب (۰/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب) مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای (با استفاده از مالچ) بود که ۲/۱۲ – ۱/۵۲ مرتبه بیشتر از کشت رایج و ۱/۸۹ – ۱/۳۵ مرتبه بیشتر از تیمار آبیاری شیاری (با استفاده از مالچ) بود. بررسی انجام شده در روش آبیاری قطره‌ای برنج در مقایسه با روش غرقابی نشان داده است که عملکرد دانه برنج در روش آبیاری قطره‌ای با کشت سنتی در حدود ۸/۵ درصد بیشتر از کشت مستقیم بذر و ۱۱ درصد کمتر از آبیاری غرقابی با نشاپادل بود. نتایج این آزمایش نشان داد، آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری غرقابی برنج با اندکی کاهش عملکرد، موجب کاهش ۷۸ درصد آب ورودی شده است (۱۷).

رامالو و همکاران (۱۸) بر اساس پژوهشی که روی امکان استفاده از آبیاری قطره‌ای با مصرف مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن روی رقم هوازی در کشور هند انجام دادند گزارش نمودند که با افزایش آب مصرفی از ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ۱۵۰ و ۲۰۰ درصد مقدار عملکرد رشد صعودی داشته و به ترتیب از ۲۹۵۴ کیلوگرم در هکتار به ۳۶۶۱ و ۳۶۹۲ کیلوگرم در هکتار رسید. همچنین با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مقدار عملکرد افزایش و سپس با مصرف بیشتر از آن مقدار عملکرد سیر نزولی پیدا نمود. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به تیمار آب مصرفی ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر به مقدار ۰/۴۹ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

در دهه‌های گذشته کشت برنج هوازی در مقایسه با روش مرسوم گل‌خرابی، در بین کشاورزان، به دلیل وجود علف‌های هرز فراوان و هزینه بالای کنترل آن، رایج نبوده (۲۱) و ارقام هوازی برنج با هدف جایگزینی با ارقام کم محصول توسعه داده شدند (۱۵). لیکن با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در تولید علف‌کش‌ها در سال‌های اخیر، سیستم هوازی کشت برنج هم اکنون در نواحی کم‌آب که نیازمند پمپاژ آب از چاه هستند، نواحی دلتایی که تأمین آب آن‌ها با تأخیر همراه است و مزارع مرتفع همراه با آبیاری تکمیلی استفاده می‌شود (۲۱). بیان شده که سیستم هوازی در مقایسه با سیستم مرسوم گل‌خرابی، ۳۰ تا ۵۱ درصد آب کمتری برای تهیه زمین بسته به نوع خاک نیاز داشته، بهره‌وری آب را ۳۲ تا ۸۸ درصد بیشتر نموده، ۵۰ درصد نیروی انسانی کمتری نیاز داشته (۳۰) و تا ۵۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده است (۳۱). ارزیابی عملکرد برنج تحت سه روش آبیاری قطره‌ای، بارانی و غرقابی نشان داد که عملکرد

دانـه برنج در روش آبیـاری قطره‌ای (۶۹۵۰ کیلوگرم در هکتـار) در مقایسـه با آبیاری غرقابی (۶۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) افزایش داشـته و کمترین عملکرد محصـــول مربوط بـه روش آبیـاری بـارانی (۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتـار) بود. همچنین، در این بررســی بهره‌وری آب در آبیـاری قطره‌ای، بـارانی و غرقابی به ترتیب برابر با ۱/۷، ۱/۲ و ۱٫۰۶ کیلوگرم در هر متر مکعب به دست آمد (۱).

کلیه نتایج تحقیقات بر تاثیر روش آبیاری بر کاهش مصـــرف آب تاکید داشته لیکن تأثیر آن بر عملکرد به صورت افزایش، عدم اختلاف یـا کاهش گزارش شـــده اســـت. گرچه با وجود عدم اختلاف از نظر عملکرد یا حتی کاهش عملکرد تعدادی از مقالات بر کارآیی اقتصادی روش خشـکه‌کاری برنج تأکید نموده‌اند. بطور کلی نتایج بررسـی‌های انجام شـده توسـط محققین مختلف نشـان داد که عملکرد برنج در کشـت مستقیم بذر برنج به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از کشت نشاپادل برنج بوده است. با این حال، میزان کاهش عملکرد بسته به روش‌های مـدیریتی، نوع خـاک و شـــرایط آب و هوایی متغیر بوده و مـدیریت علف‌های هرز و آب بیشـترین تأثیر را بر عملکرد داشتند (۲۹). سینگ و همکاران (۲۵) نشـان دادند که کشت برنج در زمین پادل شده باعث افزایش عملکرد دانـه بین ۰/۷ تـا ۱ تن در هکتار و عملکرد کاه برنج بین ۱/۷-۰/۸ تن در هکتار شد.

سـیدهو و همکاران (۲۳) با بررسـی ۹ مزرعه کشـاورزان در ایالت پنجاب هندوستان دو سیستم کشت نشائی و مستقیم را مقایسه نمودند و نشـــان دادنـد کـه علت تفاوت عملکرد افزایش تعداد پنجه بوده در سـیســتم گل‌خرابی بود. میانگین بازگشـت درآمد خالص در کشـت گل‌خرابی بیشـتر ولی نسبت فایده به هزینه در سیستم کشت مستقیم بیشتر بود. نارش و همکاران (۱۴) در آزمایشی تفاوت شیوه‌های کشت مسـتقیم و مرسـوم برنج را مقایسه نمودند. نتایج نشان داده است که، عملکرد ارقام در روش‌های مختلف کشـت معنی‌دار و عملکرد کشـت مرسوم بیشتر از عملکرد کشت مستقیم بود. سینگ (۲۴) نشان داد که تغییر سـیسـتم کاشـت به خشـکه کاری می‌تواند ۲۵ درصـد کاهش مصـرف آب در مقایسـه با روش گل‌خرابی داشـته باشد، ضمن آن که ۱۳۰۰۰ روپیه در هکتار نیز صـــرفه‌جویی نموده اســـت. از نظر نیروی انسـانی نیز کشـت مستقیم در مقایسه با کشت مرسوم گلخرابی منجر به کاهش ۱۱ تا ۶۶ درصدی نیروی انسانی (۱۰ و ۱۹) شده ضمن آن کـه این روش منجر بـه بهبود شـــرایط زراعی زمین بـه دلیـل حذف عملیات گل‌خرابی نیز می‌گردد

با توجه به رغبت کشاورزان به کشت برنج از یک طرف و مصرف بـالای آب در این گیـاه از طرف دیگر، بررســـی شـــیوه‌هایی که هم معیشت کشاورزان و هم پایداری منابع پایه محفوظ بماند، از ضروریات اسـت. ضـمن اینکه مطالعات مربوط به مقایسـه همزمان شـیوه‌های مختلف آبیاری و شیوه‌های کشت برنج بسیار اندک و در استان گلستان علیرغم کشت سالانه در حدود ۱۰۰ هزار هکتار، وجود ندارد. با بررسی شـیوه کشـت و کار برنج در داخل کشـور و همچنین تجربیات جهانی کشـت برنج به این باور رسـیده‌اند که "برنج لزوما گیاهی که باید در شـرایط غرقاب رشد کند نیست" در نتیجه برای این تغییر نگرش باید برنـامـه‌های عملیاتی تدوین نمود. یکی از راه حل‌های عملیاتی برون رفت از این چالش بزرگ "توسـعه کشـت مستقیم برنج به‌جای کشت مرسـوم" است. همزمان لازم است روش‌های مختلف کاهش مصرف آب در دســـتور کـار قرار گیرد. بـه همین دلیـل این پژوهش با هدف بررسی تغییرات عملکرد و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف کشت و آبیاری برنج به اجرا در آمد.

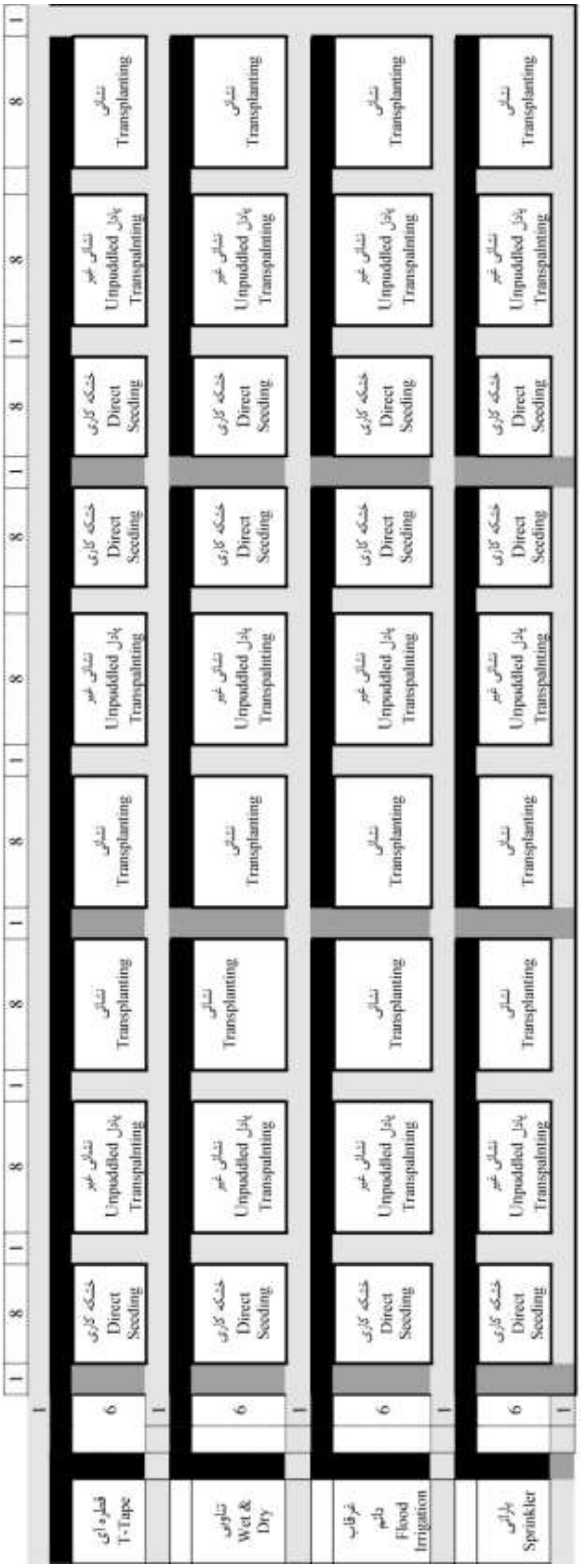
مواد و روش‌ها

محل و تیمارهای آزمایشی

این تحقیق در ایســتگاه تحقیقات کشـاورزی عراقی‌محله گرگان روی برنج طی دو سـال زراعی ۹۸ و ۹۹ اجرا شـد. این ایسـتگاه در ۵ کیلومتری شـــمـال گرگـان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع از سـطح دریا ۵ متر و متوسـط درجه حرارت سـالانه ۱۷ درجه سـانتی‌گراد و متوسـط بارندگی سـالیانه ۴۵۰ میلی‌متر اسـت. در این تحقیق دو عامل روش‌های آبیاری و شـــیوه‌های کشـــت برنج از نظر مصرف آب، عملکرد و بهره‌وری آب در قالب طرح آزمایشی کرت‌های نواری به ابعاد ۸ در ۶ متر بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سـه تکرار مورد بررسـی قرار گرفتند. فاکتور روش آبیاری گیاه برنج (رقم فجر) در ۴ سـطح (به عنوان فاکتور اصـلی) شـامل: ۱- آبیاری بارانی (I_1)، ۲-آبیاری غرقابی دائم (I_2)، ۳-آبیاری غرقابی تناوبی(I_3)، ۴- آبیاری قطره‌ای نواری (I_4) و فاکتور فرعی روش کشـت در سـه سـطح، شامل: ۱- کشت مستقیم بذر یا خشکه کاری (C_1)، ۲- کشت نشـاء بدون گلخرابی، (C_2) و ۳- کشـت نشـائی با گلخرابی، سـنتی زارعین (C_3).

برنامه‌ریزی آبیاری و کاشت

برنامه آبیاری در روش آبیاری سـنتی غرقاب دایم حفظ ارتفاع آب در حدود ۳ تا ۵ ســانتی‌متر و در روش آبیاری تناوبی برای دوره‌های مرطوب حفظ ارتفـاع آب در حـدود ۳ تا ۵ ســانتی‌متر و تکرار آبیاری بعدی با بروز ترک موئین یا افت آب به ارتفاع صفر انجام شد. نیاز آبی خالص در روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای براسـاس ارتفاع تبخیر از تشـت تبخیر مسـتقر در محـل آزمایش و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری به ترتیب برابر ۷۵ و ۹۰ درصـد برآورد شد. در ورودی هر تیمار یک شـیرفلکه و یک کنتور حجمی برای کنترل حجم آب ورودی به کرت‌ها استفاده شده است.



شکل ۱- نمایی از پروژه اجرایی و تیمارهای مورد بررسی (اعداد روی شکل ابعاد بر حسب متر می‌باشند)

Fig1: Project plan and treatments under considration (numbers on the figure are in meters)

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش
Table1- Some physicochemical properties of the soil at experiment site

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	کربن آلی (OC) ٪	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	آهک Lime ٪	ازت کل T.N. ٪	(pH)	ماسه Sand ٪	سیلت Silt ٪	رس Clay ٪	بافت خاک Texture
0-30	0.8	1.33	360	7.8	26.5	0.1	7.7	20	52	28	Si-C-L
30-60	1.1	0.82	130	4.96	28.8	0.08	7.7	16	54	30	Si-C-L

در روش آبیاری قطره‌ای فواصل لوله‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فواصل قطره‌چکانها حدود ۲۰ سانتی‌متر با دبی ۱ تا ۱/۲ لیتر در ساعت، آبیاری بصورت روزانه و در روش آبیاری بارانی از آبپاش‌های قابل تنظیم ۹۰ درجه در چهار گوشه هر کرت با دبی ۰/۱۵ لیتر بر ثانیه و آبیاری بصورت یک روز در میان انجام شد.

تاریخ بذر پاشی و نشاکاری همزمان در مزرعه انجام شد. پس از آماده شدن زمین کرت‌های نشائی با نشاء ۲۵ روزه که در خزانه آماده شده بودند (نشاء در زمین پادل شده یعنی زمینی که بعد از غرقاب کردن با تراکتور داخل آن گِل‌ها را بهم می‌زنند به اصطلاح گلخرابی می‌شود برای روش سنتی، نشاء در زمین غیرپادل) و کرت‌های دیگر بوسیله بذر و مستقیم بر مبنای ۶۰ کیلوگرم در هکتار کاشته شدند. در روش کشت مستقیم بذر برنج در سال اول و دوم به ترتیب کشت در تاریخ‌های ۱۷ و ۲۱ خرداد و برداشت در تاریخ‌های ۱۶ و ۱۱ مهرماه انجام شد. در کشت‌های نشائی در سال اول و دوم به ترتیب در تاریخ‌های ۲۰ و ۲۱ خرداد کاشت و در تاریخ‌های ۲۶ و ۲۷ مهرماه برداشت انجام شد. به منظور جلوگیری از تأثیر رطوبتی تیمارها بر یکدیگر در کرت‌های مختلف، مرزهای بین تیمارها به عرض دو متر احداث و همچنین جوانب مرزها با استفاده از پلاستیک از همدیگر جدا شدند. شکل ۱ نقشه مزرعه‌ای طرح را نشان می‌دهد. برخی مشخصات فیزیکو شیمیایی نیمرخ خاک منطقه مورد آزمایش اندازه‌گیری شده و نتایج در جدول ۱ ارایه شد.

اندازه‌گیری‌ها

میزان آب مصرفی با استفاده از کنتورهای حجمی برای همه تیمارها به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد، به استناد این مقادیر و باران و عملکرد، بهره‌وری آب محاسبه شد. برخی از خصوصیات زراعی مانند وزن ساقه و برگ، شاخص برداشت، عملکرد دانه، اندازه‌گیری شد. برای عملکرد دانه، پس از رسیدن دو ردیف کناری هر کرت از هر طرف به عنوان حاشیه کنار گذاشته شده و باقی‌مانده محصول برداشت شد.

برای بررسی اقتصادی از روش‌های مرسوم در اقتصاد مهندسی برای تعیین نسبت فایده به هزینه تیمارهای مورد بررسی استفاده گردید. داده‌های هزینه‌ی اولیه (شامل سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای با طول عمر ۱۵ سال)، هزینه‌های تولید و منافع تیمارهای مورد بررسی از ترکیب داده‌های منابع آماری اسنادی رسمی (نشریه هزینه تولید محصولات کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی) و میدانی (داده‌های ثبت شده تیمارهای آزمایش) تهیه و برآورد شدند.

نتایج و بحث

آنالیز آماری عوامل مورد بررسی

ترکیب دو ساله آنالیز واریانس برخی از عوامل تولید شامل عملکرد دانه، وزن ساقه و برگ، شاخص برداشت، آب کاربردی و بهره وری آب برای دو سال آزمایش در جدول ۲ و مقایسه میانگین عوامل اشاره شده به تفکیک هر سال در جدول ۳ ارایه شده است. بطور کلی از نظر آماری تیمارهای روش آبیاری بر روی کلیه عوامل مورد بررسی و تیمار روش کشت به غیر از وزن ساقه و برگ روی عوامل دیگر معنی‌دار (در سطح احتمال ۹۹ درصد) شدند. این نتایج با نتایج نارش و همکاران (۱۴) که اعلام کردند عملکرد برنج تحت تاثیر معنی‌دار شیوه‌های کشت قرار می‌گیرند مطابقت دارد. ولی اثر متقابل عوامل دو تیمار روش آبیاری و روش کشت روی همه عوامل معنی‌دار و روش آبیاری در روش کشت در سال برای همه عوامل غیرمعنی‌دار شدند.

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده

نتایج خلاصه شده اثرات متقابل عوامل اصلی شامل عملکرد، آب کاربردی و بهره‌وری آب بصورت جمع‌بندی و ترکیب دو سال برای انتخاب شیوه مناسب آبیاری و نوع کشت در جدول ۳ ارایه شده است. در بین کلیه تیمارها بالاترین عملکرد (۸۲۰۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت نشائی سنتی در روش آبیاری غرقابی و بالاترین مصرف آب در همین روش آبیاری و مربوط به تیمارهای کشت مستقیم بذر (۱۲۴۹۰ متر مکعب در هکتار) و کشت نشائی (۱۱۹۶۷ متر مکعب در هکتار) است. بطور کلی عملکرد کشت مستقیم بذری در هر دو سال کمتر از دو روش دیگر به دست آمد.

جدول ۲- آنالیز واریانس مرکب بر پایه میانگین مربعات برخی صفات برنج
Table 2- Combined variance analysis of the some rice characteristics based on mean squares

منبع تغییرات Sources of avriation	درجه آزادی degree of freedom	متغیرها (Variables) عملکرد دانه Yield	وزن ساقه و برگ Stem and leaf weight	شاخص برداشت Harvest index	آب کاربردی Applied water	بهره وری آب Water productivity
سال Year	1	3523640**	15097 ns	0.007**	6139043**	0.1522**
آبیاری Irrigation	3	2559551**	4851887*	0.01390**	95188044**	0.1952**
آبیاری*سال Irrigation*Year	3	493567 ns	2578630 ns	0.0001 ns	80364*	0.0002 ns
خطا Error	12	224978	1310346	0.001	13626	0.0025
کشت Cultivation	2	4660782**	2666545 ns	0.1219**	10903876**	0.5157**
کشت در سال Cultivation *year	2	566925 ns	838104 ns	0.0003 ns	1268939**	0.00009 ns
خطا Error	8	350598	2590755	0.0009	52238	0.0034
آبیاری ×کشت Irrigation* cultivation	6	1156224*	4211095*	0.007**	3038386**	0.0106**
آبیاری*کشت*سال I*P*Y	6	137193 ns	643341 ns	0.0002 ns	43670 ns	0.0015 ns
اشتباه آزمایشی Error	24	330223	1667469	0.0007	20868	0.003
ضریب تغییرات CV		9.4	13.9	6.5	1.5	8.5

ns، * و ** به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشند.

Ns= non significant; * and ** significant at 95% and 99% level, respectively.

متعددی نشـان دادند که کشـت نشـائی برنج عملکرد بیشتری در مقابل کشت مستقیم دارد ضمن اینکه بیشترین مصرف آب نیز مربوط به کشت نشائی بود (۴، ۵، ۱۴ و ۲۵). عامل اصلی کاهش، تأخیر زمان کاشـت در حدود یک ماه بین این تیمار و دیگر تیمارهای کشت است. گواه این ادعا ارتقاء عملکرد و بهره‌وری آب در روش کشـت نشائی در زمین بدون گلخرابی اســت. نتایج ماهاجان و همکاران (۱۲) نشـــان دادند، افزایش دوره رشـد برنج در مزرعه، بهره‌وری آب آبیاری کاهش می‌یابد. طولانی بودن دوره رشـــد منجر به افزایش تعداد آبیاری و در نتیجه کاهش کارایی اسـتفاده از آب آبیاری می‌شود. کاهش دوره رشد در مزرعـه از طریق کـاهش تبخیر-تعرق و نفوذ عمقی بـاعث کاهش اســتفاده از آب آبیاری می‌شــود. به‌طوری‌که بالاترین بهره‌وری آب در کشت نشایی در زمین غیرپادل و با روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۸، ۹۹ و متوسـط دو سال به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۹۲ و ۰/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب و بعد از آن مربوط به کشـت سنتی نشاء با آبیاری قطره‌ای به ترتیب برای سـال‌های ۹۸، ۹۹ و متوسـط دو سـال برابر با ۰/۷۸، ۰/۸۷ و ۰/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. این نتیجه دو پیام مشـــخص دارد یکی اینکه کشــت تابســتانه (اواخر خرداد و اوایل تیر) در منطقه بصــورت بذری منجر به پتانسـیل عملکرد نخواهد شـد و باید کاهش عملکرد را پـذیرفـت یـا بـایـد فعـالیت‌های دیگری مانند انتخاب رقم مناسـب که دوره رشد کمتری داشته باشد انجام داد. دوم اینکه تنها با تغییر شیوه آبیاری از غرقاب به قطره‌ای در همان کشت سنتی نشاء در زمین پادل شــده، اگرچه عملکرد در حدود ۱۱ درصـــد کاهش می‌یابد ولی در مقـابل مصـــرف آب در حدود ۳۹ درصـــد کاهش و در نتیجه بهره‌وری آب در حدود ۲۲ درصـــد افزایش داشـــت. این نتایج با نتایج راجویـد و همکـاران (۱۷) کـه اعلام کردنـد آبیـاری قطره‌ای برنج در مقایسـه با آبیاری غرقابی در حدود ۷۸ درصـد در آب صرفه‌جویی و با انـدکی کـاهش عملکرد موجب افزایش بهره‌وری آب شــــده اســـت، مطابقت دارد. در تمام روش‌های آبیاری با تغییر شـیوه کشت از نشائی ســـنتی بـه بذری عملکرد بطور معنی‌داری کاهش داشـــت. محققین بطوری‌که اثر تغییر شیوه آبیاری در کاهش مصرف آب به مراتب بیشتر از تغییر شـیوه کشـت و تغییر شـیوه کشت در عملکرد برنج به مراتب بیشتر از تغییر روش آبیاری است.

جدول ۳- اثرات متقابل روش کاشت و شیوه آبیاری در عملکرد و مصرف آب در برنج

Table 3- Interaction effects of cultivation method and irrigation method on yield and water consumption in rice

شیوه آبیاری Irrigation methods	عملکرد Yield (Kg/ha)			آب مصرفی Water consumption (m3/ha)			بهره‌وری آب Water productivity (kg/m3)		
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
I_1	3061 f	4797 ed	7028 b	7068 h	7308 h	9243 e	0.41 e	0.63 d	0.74 c
I_2	5002 d	7489 b	8206 a	12490 a	11602 c	11967b	0.39 e	0.63 d	0.67 d
I_3	4777 ed	7216 b	7447 b	10871 d	10250 e	11019d	0.42 e	0.68 cd	0.66 d
I_4	4298 e	6265 c	7343 b	6343 i	6572 i	8606 g	0.64 d	0.90 a	0.82 b

حروف مشابه بین اعداد به معنی عدم معنی‌داری است.

The same letters between numbers mean no significant.

مقدار آب کاربردی در شیوه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای از نشاء سنتی به بذری کاهش معنی‌داری داشت ولی در روش‌های آبیاری غرقاب متناوب و دائم کشت بذری نسبت به نشاء سنتی آب بیشتری مصرف کرده است. مقایسه عملکردهای برنج در کشت نشائی سنتی، نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد (۸۲۰۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به روش آبیاری غرقابی بود و در بقیه روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری بین عملکردها مشاهده نشد. با تغییر آبیاری سنتی (غرقاب دایم) به آبیاری بارانی، متناوب و آبیاری قطره‌ای به ترتیب عملکرد در حدود ۱۴، ۹ و ۱۱ درصد کاهش داشت.

در شیوه آبیاری قطره‌ای با کشت نشائی سنتی در حدود ۳۳۶۰ متر مکعب در هکتار (۲۸ درصد) نسبت به روش غرقاب دایم آب کمتری مصرف شده است و در مقابل عملکرد در حدود ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار (۱۱ درصد) کاهش داشت. به عبارت دیگر تنها با تغییر روش آبیاری از سنتی به قطره‌ای مقادیر قابل توجهی آب صرفه‌جویی خواهد شد. اما نبود انگیزه اقتصادی در کاهش مصرف آب، توصیه‌های کارشناسی در بین زارعین اثربخشی و کارکرد لازم را ندارند. در همین مقایسه از نظر کشاورز باز همان روش سنتی کشت شالی در الویت است. به دلیل اینکه ۸۶۳ کیلوگرم شالی در شرایط حاضر مبلغی در حدود ۸ میلیون تومان از درآمد زارع کم می‌شود در مقابل صرفه‌جویی ۳۳۶۰ متر مکعب آب که برای کشاورز با فرض فروش هر متر مکعب ۵۰۰ تومان، تنها در حدود ۱/۷ میلیون تومان جبران خواهد شد. نتایج نشان می‌دهد که با شیوه آبیاری سنتی برنج (غرقاب دایم) در صورتی‌که شیوه کشت بذر مستقیم در زمین غیرپادل باشد، بیشتر از روش سنتی آب مصرف می‌کند. بطوری‌که روش سنتی آبیاری در زمین غیرپادل و کشت مستقیم بذر بالاترین مصرف آب را بخود اختصاص داده است.

ارزیابی اقتصادی

ارزیابی اقتصادی نتایج سال زراعی ۱۳۹۸ حکایت از آن دارد که تیمارهای I_4C_3 و I_2C_3 نسبت به دیگر تیمارهای مورد بررسی دارای بیشترین نسبت فایده به هزینه (به ترتیب ۷/۴ و ۷/۱) می‌باشد (جدول ۴). افزون بر این دو تیمار I_3C_3 و I_4C_2 نیز با نسبت فایده به هزینه ۶/۹ و ۶/۸ از بازده اقتصادی قابل توجه برخوردار بوده و به لحاظ این شاخص اقتصادی در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. در این تیمار اگرچه در مقایسه با دیگر تیمارها از نظر فایده به هزینه در رتبه چهارم قرار گرفته است، دو مسئله باید مورد توجه قرار گیرد. نخست هزینه‌های مترتب بر یک سامانه کامل آبیاری قطره‌ای است که تنها برای کشت برنج در نظر گرفته شده است در حالیکه کشاورزان از این سامانه برای دیگر کشت‌های منطقه هم استفاده می‌کنند. دوم اینکه مقدار آب ذخیره شده در این روش قابل توجه است بطوری‌که با توجه به کمبود منابع آبی استفاده آنرا قابل توجیه می‌کند. کمترین نسبت فایده به هزینه در تیمارهای دارای روش کشت مستقیم بذر (خشکه‌کاری) حاصل شده است. این نسبت در سه تیمار I_1C_1، I_3C_1 و I_4C_1 به ترتیب ۴/۵ ، ۴/۶ و ۴/۸ می‌باشد. نتایج ارزیابی اقتصادی تیمارها در سال زراعی ۱۳۹۹ حکایت از آن دارد که سه تیمار I_2C_2، I_3C_2 و I_2C_3 بیشترین نسبت فایده به هزینه به ترتیب معادل ۷/۹ ، ۷/۹ و ۷/۳ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). تفاوت نسبت منافع به هزینه برخی تیمارها در سال ۱۳۹۹غالبا متاثر از تغییرات شدید هزینه‌ها در دو سال زراعی می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که در سال ۹۹ از نظر روش آبیاری، آبیاری‌های نوین در الویت بالا قرار نگرفتند و همچنین با توجه به هزینه زیاد مرحله گلخرابی، در روش‌های غرقابی (دائم و متناوب) شیوه کشت نشائی در زمین بدون گلخرابی در الویت بالاتر قرار گرفتند. به‌طور کلی افزایش هزینه‌های سامانه‌های نوین آبیاری و همچنین کاهش عملکرد شلتوک در کشت مستقیم بذر که در بخش‌های قبلی بحث شد، عوامل اصلی کاهش مقدار فایده به هزینه این تیمارها است. با این وجود اگرچه این تیمارهای بذری در مقایسه با تیمارهای نشائی کمتر شده‌اند ولی هزینه به فایده قابل قبولی دارند و در مقایسه با دیگر کشت‌های تابستانه هنوز در الویت اقتصادی قرار دارند.

جدول ۴- نتایج ارزیابی و مقایسه اقتصادی تیمارهای کشت و آبیاری برنج
Table 4- Results of economic evaluation and comparison of rice cultivation and irrigation treatments

نسبت فایده به هزینه Benefit/Cost 1399	1398	تیمارها (Treatments)
3.9	4.5	I_1C_1
5.3	5.8	I_1C_2
6.4	6.2	I_1C_3
6.0	5.7	I_2C_1
7.9	6.4	I_2C_2
7.3	7.1	I_2C_3
5.7	4.6	I_3C_1
7.9	6.6	I_3C_2
7.2	6.9	I_3C_3
4.6	4.8	I_4C_1
5.9	6.8	I_4C_2
6.2	7.4	I_4C_3

در حال حاضر کشاورزان در منطقه استان گلستان برنج را با شیوه غرقابی و بصورت نشاء در زمین پادل شده کشت می‌کنند که نتایج حکایت از مصرف زیاد آب (حدود ۱۲۵۰۰ متر مکعب در هکتار) دارد. با تغییر شیوه کشت از نشائی در زمین پادل شده که با روش آبیاری غرقابی آبیاری می‌شود، به کشت مستقیم بذری و روش آبیاری قطره‌ای، اگرچه مقدار مصرف آب در حدود ۴۸ درصد کاهش می‌یابد ولی چون عملکرد هم در همین حدود کاهش می‌یابد، کشاورزان رغبتی برای این جایگزینی نشان نمی‌دهند. در این حالت بهره‌وری آب نیز از ۰/۶۷ در روش سنتی به ۰/۶۴ کیلوگرم در متر مکعب در روش کشت مستقیم بذری با آبیاری قطره‌ای کاهش می‌یابد. اما با تغییر کشت بذری به کشت مستقیم نشائی در زمین غیرپادل و روش آبیاری قطره‌ای عملکرد به نحو مطلوبی افزایش می‌یابد و احتمال پذیرش این سناریو از طرف کشاورزان بیشتر خواهد شد. پاتل و همکاران (۱۶) نیز گزارش کردند که بهره‌وری آب برنج هوازی به‌طور قابل توجهی بیشتر از برنجی است که در شرایط غرقاب رشد کرده است. نتایج شاردا و همکاران (۲۲) بر روی کشت مستقیم بذر برنج نشان داد، آبیاری قطره‌ای باعث بیش از ۴۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود و بهره‌وری آب با آبیاری قطره‌ای (۰/۸۸-۰/۸۱ کیلوگرم در متر مکعب) بالاتر از آبیاری غرقابی (۰/۵۲-۰/۴۲ کیلوگرم در متر مکعب) بود.

بدلیل اینکه با تبدیل کشت سنتی نشاء و روش آبیاری غرقابی به کشت نشاء غیر پادل و روش آبیاری قطره‌ای عملکرد در حدود ۲۴ درصد کاهش و مقدار آب در حدود ۴۵ درصد کاهش می‌یابد و بهره‌وری آب در این حالت به ۰/۹ کیلوگرم در متر مکعب می‌رسد که در شرایط حاضر بهترین گزینه برای حفظ منابع آبی بطوریکه معیشت کشاورزان نیز خدشه‌دار نمی‌شود، است. از آنجا که تغییر همزمان روش کشت و روش آبیاری ممکن است در عمل از نظر هزینه و اجرا برای کشاورزان دارای مشکلاتی باشد، باید سایر گزینه‌ها مورد توجه قرار گیرد. بعد از آن بالاترین مقدار بهره‌وری مربوط به روش آبیاری قطره‌ای و کشت نشایی می باشد که بدون تغییر روش کشت و فقط با تغییر روش آبیاری انجام پذیر است.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر کشاورزان در منطقه استان گلستان برنج را با شیوه غرقابی و بصورت نشاء در زمین پادل شده کشت می‌کنند که نتایج حکایت از مصرف زیاد آب (حدود ۱۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار) دارد. برای کاهش مصرف آب در شیوه سنتی زارعین به استناد نتایج کارهای پژوهشی چند گام به شرح زیر باید برداشته شود:

۱- با تبدیل کشت سنتی نشاء و روش آبیاری غرقابی به کشت نشاء در زمین غیرپادل و روش آبیاری قطره‌ای عملکرد در حدود ۲۴ درصد کاهش و مقدار آب در حدود ۴۵ درصد کاهش می‌یابد و بهره‌وری آب در این حالت به ۰/۹ کیلوگرم در متر مکعب می‌رسد که در شرایط حاضر بهترین گزینه برای حفظ منابع آبی است. بنابر این سیستم آبیاری قطره‌ای با تغییر روش کشت از نشائی سنتی به روش نشائی غیر پادل بهترین تیمار می‌باشد.

۲- با تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به قطره‌ای در کشت نشائی (بدون تغییر شیوه کشت) در حدود ۳۳۶۰ متر مکعب در هکتار (۲۸ درصد) نسبت به روش غرقاب دایم آب کمتری مصرف شده است و در مقابل عملکرد در حدود ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار (۱۱ درصد) کاهش داشت.

۳- برای مناطقی که سیستم آبیاری بارانی موجود باشد استفاده از این روش در کشت نشائی گزینه بعدی انتخاب می‌شود.

۴- در صورتی‌که نتوان تغییری در سیستم آبیاری داد آبیاری متناوب در سیستم نشائی سنتی بهترین گزینه خواهد بود.

۵- هرگاه تنها شیوه کشت از نشائی سنتی به بذری تبدیل شود ولی روش آبیاری تغییر نکند مصرف آب بیشتر و عملکرد هم حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

۶- با تبدیل کشت سنتی نشاء و روش آبیاری غرقابی به کشت مستقیم بذر و روش آبیاری قطره‌ای مصرف آب در حدود ۴۸ درصد و عملکرد هم در حدود ۴۵ درصد کاهش می یابد، این گزینه برای کشاورزان رغبتی ایجاد نمی‌کند.

۷- در صورتی‌که تنها کاهش مصرف آب اولویت اصلی باشد (صرف نظر از کاهش عملکرد)، بهترین تیمارها به ترتیب روش آبیاری قطره‌ای با کشت مستقیم بذر، نشائی بدون پادل و سپس نشائی سنتی می‌باشد. اگر سیستم آبیاری بارانی در مزرعه موجود باشد این گزینه در کشت مستقیم بذر و نشائی بدون پادل در مرحله بعدی اولویت قرار می‌گیرد. در صورتی‌که تغییر سیستم آبیاری مد نظر نباشد استفاده از آبیاری تناوبی با روش نشائی غیرپادل و سپس روش‌های سنتی و کشت مستقیم قرار می‌گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از موسسه تحقیقات برنج کشور به خاطر حمایت مالی و از آقایان مهندس رحیم طبرسا و مهدی ادیبی به خاطر همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

منابع

1- Bansal R., Sharma N., Soman P., Singh S., Bhardwaj A.K., Pandiaraj T., and Bhardwaj R.K. 2018. On-Farm Drip Irrigation in Rice for Higher Productivity and Profitability in Haryana, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(2): 506-512.

2- Bouman B. A. M., Wang H., Yang X., Zhao J. F., and Wang C.G. 2002. Aerobic rice, a new way of growing rice in water-short areas. P. 175–181. In E.D. Han Dao (ed) in Proceedings of the 12th International Soil Conservation Organization Conference, Beijing, China.

3- He H., Ma F., Yang R., Chen, L., Jia B., Cui J., Fan H., Wang X., and Li L. 2013. Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation. Journal PLoS One 8(12): 8310-8312.

4- Cabangon R.J., and Abdullah N.B. 2002. Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. Agricultural Water Management 57: 11–31.

5- Gilani A., and Rezaei M. 2001.Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation Application for Rice Direct Seeding Cultivation in Khuzestan. Agricultural Research,Education and Extension Organization (AREEO). Final report. (In Persian with English abstract)

6- Kaur J., and Singh A. 2017. Direct Seeded Rice : Prospects, Problems Constraints and Researchable Issues in India, Current Agriculture Research Journal 5(1): 13-32.

7- Kiani A.R. 2020. Determination of rice water requirement in Golestan province. Shalizar Extension Journal 1(2): 57-63. (In Persian with English abstract)

8- Kiani A.R., and Razzaghi M.H. 2021. The effectiveness of rice direct seeding on yield and water productivity in rice fields of Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Technical report No: 58938. (In Persian with English abstract)

9- Kumar V., and Ladha J. K. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. Adv. Agron. 111: 297–413. doi: 10.1016/B978-0-12-387689-8.00001-1

10- Kumar V., Ladha J.K., and Gathala M.K. 2009. Direct drill-seeded rice: a need of the day, in Annual Meeting of Agronomy Society of America (Pittsburgh, PA). Available online at: http://a-c-s.confex.com/crops/2009am/webprogram/Paper53386.html

11- Li Y.H. 2001. Research and practice of water-saving irrigation for rice in China. P. 135–144. In E.D. Barker B., Li Y. and Tuong T. P. in Proceedings of an International Workshop, Water-Saving Irrigation for Rice, 23-25 March 2001. Wuhan; Colombo: International Water Management Institute.

12- Mahajan G., Chauhan B.S., Timsina J., Singh P.P., and Singh K. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Research 134: 59–70.

13- Monaco F., Sali G., Ben Hassen M., Facchi A., Romani M., and Valè G. 2016. Water management options for rice cultivation in a temperate area: a multi-objective model to explore economic and water saving results. Water 8: 336–355. doi: 10.3390/w8080336.

14- Naresh R.K., Misra A.K., and Singh S.P. 2013. Assessment of Direct Seeded and Transplanting Methods of Rice Cultivars in the Western Part of Uttar Pradesh. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Business Management 1: 1-8.

15- Nie L., Peng S., Chen M., Shah F., Huang J., and Cui K. 2012. Aerobic rice for water-saving in agriculture: a review. Agron. Sustain. Dev. 32: 411–418. doi: 10.1007/s13593-011-0055-8.

16- Patel D.P., Das A., Munda G.C., Ghosh P.K., Bordoloi S.J., and Kumar M. 2010. Evaluation of yield and

physiological attributes of high yielding rice varieties under aerobic and flood-irrigated management practices in mid-hills ecosystem. Agric Water Manage 97: 1269-1276.

17- Rajwade Y.A., Swain D.K., and Tiwari K.N. 2014. Subsurface Drip Irrigation for Wet Season Rice Production under Climate Variability in India. Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology Kharagpur, Kharagpur, Medinipore (W), West Bengal, INDIA. p.p:293-300.

18- Ramulu V., Praveen rao V., Uma devi M., Avil kumar K., and Radhika K. 2016. Evaluation of drip irrigation and fertigation levels in aerobic rice for higher water productivity 2nd world irrigation forum 6-8 November 2016, Chiang mai, Thailand.

19- Rashid M.H., Alam M.M., Khan M.A.H., and Ladha J.K. 2009. Productivity and resource use of direct-(drum)-seeded and transplanted rice in puddled soils in rice-rice and rice-wheat ecosystem. Field Crops Res. 113: 274–281. doi: 10.1016/j.fcr.2009.06.004.

20- Rasul G. 2016. Managing the food, water, and energy nexus for achieving the Sustainable Development Goals in South Asia. Environ. Dev. 18: 14–25. doi: 10.1016/j.envdev.2015.12.001.

21- Sandhu N., Yadaw R.B., Chaudhary B., Prasai H., Iftekharuddaula K., Venkateshwarlu C., Annamalai A., Xangsayasane P., Battan K.R., Ram M., Cruz M.T.S., Pablico P., Maturan P.C., Raman K.A., Catolos M. and Kumar A. 2019. Evaluating the performance of rice genotypes for improving yield and adaptability under direct seeded aerobic cultivation conditions. Front. Plant Sci. 10:1-15. doi: 10.3389/fpls.2019.00159.

22- Sharda R., Mahajan G., Siag M., Singh A., and Chauhan B.S. 2016. Performance of drip-irrigated dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in South Asia. The International Society of Paddy and Water Environment Engineering and Springer Japan, 8 p.p

23- Sidhu A.S., Kooner R., and Verma A. 2014. On-farm assessment of direct-seeded rice production system under central Punjab conditions. Journal of Crop and Weed 10(1): 56-60.

24- Singh A. 2014. Evaluation of different methods of direct sowing of paddy. International Journal of Agricultural Engineering 7(1): 275-277.

25- Singh S., Sharma S.N., and Prasad R. 2000. The effect of seeding and tillage methods on productivity of rice–wheat cropping system. Soil & Tillage Research 61(2001): 125–131.

26- Stoop W., Uphoff N., and Kassam A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. Agric. Syst. 71: 249–274. doi: 10.1016/S0308-521X(01)00070-1.

27- Tabbal D.F., Bouman B.A.M., Bhuiyan S.I., Sibayan E.B., and Sattar M.A. 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice: case studies in the Philippines. Agric. Water Manag 56: 93–112. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00007-0.

28- USGS. 2016. USGS Fact Sheet. Available online at: http://water.usgs.gov/edu/ gwdepletion.html.

29- Xu L., Li X., Wang X., Xiong D., and Wang F. 2019. Comparing the Grain Yields of Direct-Seeded and Transplanted Rice: A Meta-Analysis. Agronomy, 14 pp.

30- Wang H., Boumam B. A. M., Zhao D., Wang C., and Moya P.F. 2002. Aerobic rice in northern China: opportunities and challenges, P.143–154. In E.D. Bouman B. A. M., Hengsdijk H., Hardy B., Bindraban P. S., Tuong T. P., and Ladha J. K. (ed), in Proceedings of the International Workshop on Water-Wise Rice Production, Water-Wise Rice Production, 8-11 April, Los Baños: International Rice Research Institute.

31- Weller S., Janz B., Jörg L., Kraus D., Racela H.S., and Wassmann R. 2016. Greenhouse gas emissions and global warming potential of traditional and diversified tropical rice rotation systems. Glob. Change Biol. 22: 432–448. doi: 10.1111/gcb.13099.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 779-790

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۷۹۰-۷۷۹

Comparison of Rice Direct Seeding and Transplanting Methods under Different Irrigation Methods

A.R. Kiani[1]*- M.R. Yazdani[2]- M.T. Feyzbakhsh[3]
Received: 11-04-2021
Accepted: 28-10-2021

Introduction: In Golestan province, despite the lack of water resources, traditional rice cultivation, a crop with high water consumption, is increasing due to economic justification. This issue has become one of the main problems of the province's agricultural sector in recent years. In order to prepare the planting bed (puddled transplanting) in the traditional method of rice production, a significant amount of irrigation water is used before planting the seedlings in the main land. Moreover, the plant is in the water during the growing season, which causes high water losses by surface water evaporation and deep penetration. Rice direct seeding cultivation is a method that has been considered in the world for various reasons, including higher water productivity. Currently, reports indicate that more than 50% of groundwater resources are extracted and allocated annually for rice cultivation in the region investigated. In general, field information and observations indicate that the level of paddy cultivation is increasing in the province. In the past few decades, agricultural policymakers have sought to restrict and ban rice cultivation in the country, except in Gilan and Mazandaran provinces. The rationale behind this decision is high water consumption, declining groundwater aquifers and long-term instability of water resources. The developed strategy did not work effectively, as it did not consider the benefits of the farmers in the short run. The increasing trend in the area under paddy fields from 1995 to 1500 hectares per year shows the unsuccessfulness of this up-to-down strategy.

Materials and Methods: A field experiment was conducted to investigate the effect of rice cultivation and irrigation methods on yield, water consumption and water productivity over two rice cropping seasons (2019–2020) in northern Iran (Gorgan Agricultural Research Station). Irrigation method as the main factor in four levels (permanent flooding, intermittent as wet and dry, sprinkler, tape) and cultivation method in three levels (direct seed in dry bed, non-puddled transplanting and traditional transplanting) in the form of a strip design. The plot was based on a randomized complete block design with three replications. The applied water, yield and some yield components and water productivity were measured and calculated during the growing seasons.

Results and Discussion: The results showed that in all irrigation methods, yield was significantly reduced by changing the traditional seeding transplanting to dry seed. The amount of water applied in sprinkler and drip irrigation methods from traditional seedlings was significantly reduced as compared to direct seed seeding. Dry seed cultivation, however, consumed more water than traditional transplanting in the flood irrigation treatments (wet and dry and permanent). The highest yield (8206 kg/ha) was obtained for traditional seedling cultivation by flood irrigation, and no significant difference was observed between the yields for the other irrigation methods. In general, changing the irrigation systems had a greater effect on water consumption than changing the rice cultivation method. In addition, changing the cultivation method had a greater effect on changing the type of irrigation systems. In traditional transplanting cultivation, the yield decreased by about 14, 9 and 11%, respectively, by changing the irrigation systems from permanent flood irrigation to sprinkler, wet and dry, and drip irrigation. The highest water use was observed for flood irrigation method in direct seeding (12490 m^3/ha) and direct transplanting (11967 m^3/ha).

Conclusion: Currently, farmers cultivate rice by transplanting in padded land irrigated by flooding techniques in Golestan province, which results in high water consumption (about 13,000 m^3/ha). By changing the irrigation method from flood irrigation to drip for traditional transplanting cultivation, water consumption decreased by about 39% and as a result water productivity increased by about 22%, albeit a 11% reduction in yield occurred. With the conversion of traditional transplanting seedling by flood irrigation to non-puddled transplanting by drip

1- Professor of Agricultural Engineering Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: akiani71@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Department, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran, AERREO
3- Assistant Professor, Agronomy & Horticulture Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Gorgan, Iran, AERREO
DOI: 10.22067/JSW.2021.69302.1036

irrigation, the yield decreased by about 24% and the amount of water by about 45%, and water productivity in this case reached 0.9 kg/m^3. This can be considered as the best alternative for conserving both water resources and production. If only reducing water consumption is the main priority (regardless of yield reduction), the best treatments are drip irrigation with direct seeding, non-puddled transplanting and then traditional seedling, respectively. If there is a sprinkler irrigation system in the field, this option is given priority in the direct seeding and non-puddled transplanting. If changing the irrigation system is not considered, the use of intermittent irrigation (as a wet and dry) with non-puddled transplanting, traditional methods and direct seeding are preferred, respectively.

Keywords: Direct seeding, Gorgan, New irrigation systems, Rice, Transplanting